

# Das Sintflutprinzip

Gunter Dueck

# Das Sintflutprinzip

Ein Mathematik-Roman

Zweite, um ein Nachwort des Autors ergänzte Auflage

Mit 22 Illustrationen von Stefan Budian

Professor Dr. Gunter Dueck  
IBM Deutschland GmbH  
Gottlieb-Daimler-Str. 12  
68165 Mannheim  
dueck@de.ibm.com  
www.omnisophie.com

ISBN-10 3-540-33873-X Springer Berlin Heidelberg New York  
ISBN-13 978-3-540-33873-4 Springer Berlin Heidelberg New York  
ISBN 3-540-20526-8 1. Auflage Springer Berlin Heidelberg New York

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek  
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen  
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über  
<http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk- sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media  
[springer.de](http://springer.de)

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2004, 2006  
Printed in Germany

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Text und Abbildungen wurden mit größter Sorgfalt erarbeitet. Verlag und Autor können jedoch für eventuell verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen.

Umbruch: perform, Heidelberg  
Herstellung: LE-TeX, Jelonek, Schmidt & Vöckler GbR, Leipzig  
Umschlaggestaltung: KünkelLopka Werbeagentur, Heidelberg  
Gedruckt auf säurefreiem Papier 33/3142 YL - 5 4 3 2 1 0

## Mathematik-Cocktail mit viel Wasser

Dies ist ein mathematisches Märchen über Optimierung. Eine märchenhafte Rahmenhandlung reflektiert lieb und satirisch das menschliche Bestreben, der Beste zu sein. Sie bildet das Gerüst für ein kleines Lehrbuch der mathematischen Optimierung, die hier für interessierte Laien fast ganz ohne mathematische Formeln dargestellt wird. Um dieses Mathematische herum gibt das Buch eine Fülle von Praxiseinblicken, die uns bei der IBM während der Arbeit an realen Optimierungsproblemen in der Industrie möglich waren. Das *Sintflutprinzip* soll alles das bieten: Unterhaltung, Einblick in die Forschung und in die Arbeitspraxis – dazu eine gute Portion Lebensphilosophie über das Beste.

Dieses Buch ist mein erstes Buch. Es lag knapp zehn Jahre auf Disketten im Staub. Ich konnte damals keinen Verlag (zum Springer-Verlag kam ich erst später) überzeugen, ein solch merkwürdiges Buch zu drucken. Wissen Sie, ich wollte zu viel mit diesem Buch, es war ja mein erstes. Es ist ja sehr schön geworden, finde ich, aber es ist für einen Verlag ganz schwierig zu sagen, wer es lesen soll und warum! Unterhaltung *und* Mathematik? Mit Zitaten aus dem Tao Te King womöglich? Heute, da ich nun schon einige erfolgreiche Bücher geschrieben habe, die eher noch merkwürdiger sind als dieses hier, ist das Publizieren kein großes Wagnis mehr, bestimmt nicht für meinen Verleger Hermann Engesser, der mit der Auflage meines ersten *wirklich* gedruckten Buches *Wild Duck* schon alle Wagnisse hinter sich hat.

Lesen Sie hier ein Mathematikbuch der ganz anderen Art! Elke Schmidt, die derzeit die Oberstufe eines Gymnasiums besucht, hat für mich das Buch zur Probe gelesen. Ich hatte beim Schreiben den Anspruch, dass sie es verstehen müsste. Sie hat aber dann eher gefragt, wo denn die Mathematik im Buche sei – sie habe doch so viele Formeln erwartet! Es sind aber praktisch keine Formeln drin! Hmmh. Hat denn Mathematik nicht viel mehr mit Vorstellungen und Bildern zu tun? Davon gibt es im Buch viele. Sind Formeln denn nicht nur rigide Denkkrücken oder Verständigungsformen für Mathematiker, die sich so ihre inneren Bilder gegenseitig mitteilen? Was ist Mathematik? Die Idee? Oder der Beweis? Die Formel? Oder das Bild?

Ich habe es einmal ohne Formeln versucht. Dafür zeigen wir wahrhaftige Bilder des Künstlers Stefan Budian, die er extra für dieses Buch angefertigt hat. Sie passen kongenial zum Sintflutprinzip. Für eine Ausstellung von Stefan Budian habe ich einmal eine Würdigung verfasst. Sie heißt *Identität in Farbe*. Ich hänge diese an das eigentliche Buch an, zusammen mit dem winzigen Artikel über *Mathematik, 15-prozentig*. Hier werden noch Restgeheimnisse zur Optimierung gelüftet, wie sie das wahre Leben schreibt.

Das Buch enthält etliche Abbildungen. Dahinter steckt eine Menge Arbeit von Hermann Stamm-Wilbrandt, Detlef Straeten, Gerhard Schrimpf, Johannes Schneider und Peter Korevaar, die auch alle einen großen Beitrag zur Entwicklung der in diesem Buch dargestellten Mathematik geleistet haben.

Etliche Bilder habe ich aus dem Videofilm *Mathematische Optimierung – Das Sintflutprinzip* herausgeschnitten, den hauptsächlich Tobias Scheuer (mit mir) beim Verlag Spektrum der Wissenschaft produziert hat.

Carmen Bierbauer passt immer auf, dass ich nichts Langweiliges oder politisch Unkorrektes schreibe. Sie ist für mich so etwas wie ein externer Seismograph ...

# Inhaltsverzeichnis

<b>I.</b>	<b>Die Suche nach dem Besten</b> .....	1
<b>II.</b>	<b>Das Beste oder Höchste, was ist das genau?</b> .....	9
	1. Vor der Sintflut, eine Begebenheit .....	11
	2. Optimierungsprobleme .....	13
	3. Das Beste, der Größte: Über Höhenmesser .....	15
	4. Die Zielfunktion .....	16
	5. Das berühmte Problem des Handlungsreisenden .....	17
	6. Das Rucksackproblem.....	20
	7. Tourenplanung .....	23
	8. Beste Netztopologien.....	24
	9. Stundenpläne, Standorte, Flugpläne, .....	26
	10. Die Welt verbessern durch mathematische Optimierung .....	28
<b>III.</b>	<b>Besser-werden-müssen</b> .....	33
	1. Der große Regen .....	35
	2. Die Sintflut.....	37
	3. Sintfluten im Alltag.....	39
<b>IV.</b>	<b>Wo soll es lang gehen? Beispiele!</b> .....	43
	1. En famille.....	45
	2. Tourenplanung in der Praxis.....	49
<b>V.</b>	<b>Der menschliche Faktor</b> .....	53
	1. Die Menschen sind verschieden .....	55
	2. Realisten und Visionäre .....	64
	3. Gemeinsam nach oben .....	65
	4. Ein Unternehmen führt Tourenoptimierung ein .....	66
	5. Meinungssalate .....	68

<b>VI. Zur Beachtung! Wichtig!</b> .....	73
1. Aus der Höhenberatung.....	75
2. Mauern überall: „Das geht so nicht.“ .....	78
3. Die Sanduhr der Ungeduld: „Wir müssen etwas vorweisen!“ ..79	
4. Der Risikofaktor: „Es darf nur gut ausgehen, wenn wir etwas wagen.“ .....	81
5. Der Unlustfaktor: „Etwas in mir hasst diese Arbeit und lähmt.“ .....	82
6. Im Cockpit des Entscheiders .....	83
<b>VII. Laufbahnen vor der Flut</b> .....	85
1. Claims .....	87
2. Rettungsdienste für Wasserumschlossene .....	88
3. Der Weg ist das Ziel.....	89
4. Überleben leicht gemacht .....	92
5. Unsere Fluchtbahn: Ein Einwurf.....	92
<b>VIII. Das Sintflutprinzip</b> .....	95
1. Ein Wanderer in den Bergen.....	97
2. Ein Steilkurs im Höhengsuchen beginnt .....	97
3. Wer ist der Größte in der Stadt? .....	98
4. Hochpunkte oder Maxima von Kurven – aus der Schule .....	98
5. Ideen der linearen Optimierung.....	99
6. Ganzzahlige Optimierung .....	107
7. Pragmatische Strategien zur Höhengsuche.....	109
8. Wir probieren TOTAL auf dem Computer.....	112
9. ZUFALL auf dem Computer .....	123
10. HINAUF.....	125
11. Sintflut und Threshold Accepting (TA) und Simulated Annealing (SA).....	126
<b>IX. Über Entdecker, Erbauer und Manager</b> .....	139
1. Fahnen, Papers, Glaube, Ruhm und Ehre.....	141
2. In Nützlichkeitszustand gebracht .....	144
3. Nummer-1-AG .....	145

<b>X.</b>	<b>Das Wesen einer Innovation .....</b>	<b>147</b>
	1. Naturpetersilie .....	149
	2. En vogue .....	151
	3. Das Naturpetersilien-Business .....	152
	4. Der Bergnaturpetersilientrust .....	153
	5. Was ist für Kunden optimal? .....	153
<b>XI.</b>	<b>Der große Wurf – die Grundsatzentscheidung .....</b>	<b>157</b>
	1. Wohin, wenn Wege sich gabeln? .....	159
	2. Die Claims der Wahrheit.....	160
	3. Die Minderheitenentschädigung.....	162
	4. Wanderhaie .....	162
	5. Die große Lösung für alles .....	163
<b>XII.</b>	<b>Mehr über die Komplexität realer Probleme.....</b>	<b>167</b>
	1. Wie reale Optimierungsprobleme aussehen .....	169
	2. Sintflutalgorithmen für die Tourenplanung .....	173
	3. Jetzt noch mehr Schwierigkeiten, immer mehr .....	177
	4. Wir bauen einen Tourenoptimierer.....	179
	5. Wir geben die Daten in den Optimierer ein .....	180
	6. Optimize! .....	181
	7. Was herauskommt.....	183
	8. Ganz anders: Netzoptimierung.....	185
	9. Wir optimieren ein Netz .....	188
	10. Der einfache Sintflutalgorithmus funktioniert nicht bei Netzen .....	192
<b>XIII.</b>	<b>Ruin &amp; Recreate .....</b>	<b>195</b>
	1. Vor dem großen Sprung.....	197
	2. Gebirge oder Spitzberg?.....	198
	3. Der weite Schritt der Spinne .....	199
	4. Der große Sprung.....	202
	5. Große Sprünge bei komplexen Optimierungsproblemen!.....	203
	6. Sprünge beim Travelling-Salesman-Problem .....	206
	7. Ruin & Recreate „im Leben“ .....	208



<b>XIV. Service und Flexibilität</b> .....	211
1. Organisation großer Sprünge .....	213
2. „Is schön organisiert!“ .....	214
3. Alles ISO oder was? .....	215
4. Service & Optimierung: „Hinrütteln“ von Optima .....	216
5. Einsatzdisposition (online dispatching) .....	217
6. Optimierung im Zentrum der Auftragsbearbeitung .....	220
7. Gute Dispositionslösungen .....	223
<b>XV. Technology Over-Kill</b> .....	225
1. Worte der Ruhigen: Nicht auf die Spitze treiben! .....	227
2. Nach oben wird es heller! .....	227
<b>XVI. Darwins Floh im Ohr ist das Verderben</b> .....	231
1. Die Krone der Schöpfung .....	233
2. Interview über den Regen .....	233
3. Das Böse und die Evoplosion .....	236
<b>XVII. Beim Weisen</b> .....	239
<b>XVIII. Identität in Farbe: Gedanken über Stefan Budian</b> .....	243
<b>XIX. Nachlese: Mathematik, 15-prozentig</b> .....	249
<b>XX. Nachwort: Die Profanisierung der Optimierung</b> .....	255
Einige Seufzer zur zweiten Auflage, „zehn Jahre danach“ .....	257
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	263

---

## Die Suche nach dem Besten

Wir alle wollen das Beste. Wir wählen stets das Beste. Wir ringen um das Bestmögliche. Wir wissen, was das Beste für andere ist.

Dieses Buch will nachdenken helfen, wie wir es finden, das Beste. Es ist eine eigenartige Mischung geworden, was eigentlich als Leitfaden gedacht war, wie wir mit Logik, Gespür und Wissenschaft wesentliche Wirtschaftsprobleme bewältigen können. Millioneneinsparungen durch ein großartiges mathematisches Computerverfahren! So wollte ich berichten. Besser, einfacher, schneller, effizienter und kostengünstiger! Während ich in meinem Arbeitsleben versuchte, solche Verfahren in der Industrie zur Anwendung zu bringen, machte ich aber die überwältigende Erfahrung davon, was ich nachher unter dem *menschlichen Faktor* bespreche. Die Ziele nämlich, unter denen wir vordergründig arbeiten, heißen etwa Kostendrücken oder Umsatzsteigern. Es sind aber *nicht* die eigentlichen Ziele von uns Menschen. Wir möchten eine interessante, herausfordernde Arbeit und nette Kollegen, wir lieben ruhige Sicherheit und eine auskömmliche Lage.

Wenn wir also in der Wirtschaft Tourenoptimierung, Lagereffizienz, Liegenschaftsstraffungen, Arbeitsorganisationen, Ablaufoptimierung, Einsatzpläne als Problemlöser mit neuesten wissenschaftlichen Methoden angehen, so treffen diese Lösungen, die das Beste finden, auf ein menschliches Arbeitsumfeld, das ebenfalls zu seinem Recht kommen will. Oft wird leider erst hier deutlich, was denn das Beste ist: für Sie, für mich, für unseren Chef, für unsere Firma, für die Gesellschaft. Wir ersticken oft in unseren Zielkonflikten und entscheiden lieber später, nach gründlicher Diskussion, vielleicht.

In diesem Buch möchte ich unsere menschliche Welt mit der wissenschaftlichen Welt zusammenbringen und mit Ihnen nachdenken, ob wir nicht alle gemeinsam trotz verschiedener Ziele das Beste finden können. Dazu müssen zwei ganz anders geartete Gedankenwelten zusammengefügt werden.

Ich habe versucht, beide Welten „unter der Sintflut zu vereinen“. Stellen Sie sich vor, es regnet ununterbrochen auf der Erde. Das Wasser steigt. Es besteht die offensichtliche Notwendigkeit, einen hohen Punkt auf der Erde zu finden. Was tun Sie? Warten Sie, ob der Regen nicht doch noch aufhört? Kaufen Sie ein Berggrundstück? Rufen Sie um Hilfe?

Es gibt mathematische Verfahren, bei denen Computer quasi einem sintflutartigen Regen ausgesetzt werden, um das Beste zu finden. Computer sollen die höchsten Stellen eines fiktiven unerforschten Planeten finden. Hohe Gebirgsspitzen bedeuten in der Computerwelt dann gute oder exzellente mathematische Lösungen. Berggipfel werden als kostengünstigste Flugpläne oder profitabelste Wertpapieranlagen interpretiert. Damit

der Computer auch wirklich anständig sucht und Erfolg hat, erzeugt der Programmierer eine Regenflut, vor der der Computer fliehen muss. Auf der Flucht findet er schließlich fabelhaft hohe Berggipfel und wir Menschen erhalten auf diese Weise gute Flugpläne.

Diese Sintflutverfahren stelle ich Ihnen in diesem Buch vor. Das Schöne dabei ist, dass sehr viele Phänomene dieser Verfahren auch in der menschlichen Welt unseres eigenen Verhaltens beobachtet werden können. Mit viel Augenzwinkern kann so unter dem Dachbegriff der Sintflut eine Brücke zwischen Computer und Mensch geschlagen werden, eine Verbindung zwischen den Erfordernissen ökonomischer Effizienz und unserer persönlichen, privaten Vorstellung des Besten. Ich habe versucht, dieses Augenzwinkern durch das ganze Buch hindurchzutragen und Ihnen eine Mischung aus Wissenschaft, Satire und Nachdenklichkeit zu servieren.

Zum Aufbau des Buches: Die verschiedenen Kapitel bestehen aus einem „illustrierenden“ Teil und einem „sachlichen“. Die illustrierenden Abschnitte habe ich als eine Art Fortsetzungsroman geschrieben, in dessen einzelnen Minikapiteln die Menschen eines kleinen Volkes unentwegt schöne Ideen haben, wie sie einer drohenden Sintflut entkommen. Diese Geschichte endet, na ja, mit einem vielleicht unbefriedigenden Schluss – wie sollte es auch anders sein, wenn Optimierungsprobleme viel einfacherer Art viele Manager und Mathematiker ein Berufsleben lang beschäftigen. Die Rahmengeschichte soll vor allem zum Nachdenken anregen. In den (mehr) sachlichen Teilen lege ich dann jeweils die in der Geschichte aufgetretenen Probleme genauer dar und diskutiere Lösungsmöglichkeiten.

Da nun mehrere Handlungsstränge miteinander verbunden sind und das Buch ein ganz ordentliches Geflecht geworden ist, stelle ich hier kurz das Gedankengerüst vor.

Wie schon gesagt, beginnen wir in einer Rahmengeschichte damit, dass über eine Welt von Menschen eine wirkliche Sintflut hereinbricht, die sich jetzt „optimal retten“ müssen. Die Menschen leben am Anfang unten, am Wasser, das nun leider von Beginn des Buches an steigt und steigt. Der Wasserspiegel hebt sich langsam. Unsere Gedanken folgen den immer stärkeren Zwängen der Menschen, die Berge erreichen zu müssen. Den verschiedenen Stufen auf der Flucht entsprechen in etwa die Kapitel des Buches. Wie in einem ordentlichen Buch fangen wir also unten am Wasser an und arbeiten uns langsam in die Höhen vor. Die Geschichte beginnt mit realem Druck und endet in den Wolken.

Soweit die Fakten. Nun aber möchte ich noch ein paar notwendige Erläuterungen zu den künstlerischen Illustrationen von Stefan Budian und etwas zur Entstehungsgeschichte des Buches verraten.

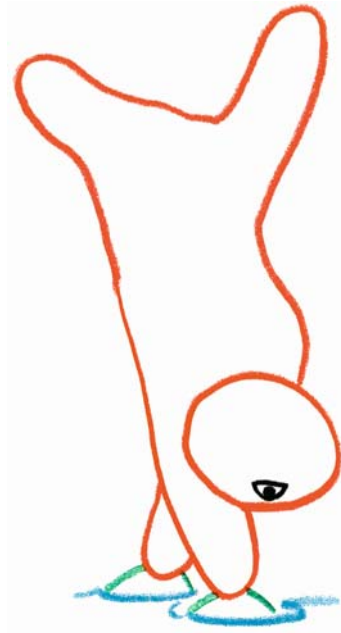
Ich gestehe vorweg: Dieses Buch ist mein allererstes! Und zwar zu etwa 90 Prozent. Ich habe es schon in den Jahren 1994 bis 1996 geschrieben und sofort das Interesse eines angesehenen Verlages gefunden. Das war für mich als Jungautor ganz überirdisch! Es stellte sich jedoch zunehmend heraus, dass das Buch völlig verrückt geschrieben sein würde. Man mochte es wohl gerne lesen, ja, und lehrreich war es auch, ja. Aber es war eben zu verrückt! Inzwischen habe ich ja schon andere Bücher geschrieben, die Sie vielleicht gelesen haben. Sie kennen also meine Art zu schreiben und finden das Buch jetzt normal, weil Sie heute ja wissen, dass ich nicht verrückt bin, sondern immer so bin. Das war damals noch nicht klar – nämlich, dass ich immer so bin. Deshalb wurde darauf gedrungen, ein vernünftiges Buch daraus zu machen, was bei dem Stoff unbedingt möglich sein musste. Das hätte aber bedeutet, dass ich mich hätte nun künstlich vernünftig stellen müssen, was ich durchaus ganz gut kann, sagen die Leute. Aber, bitte! Doch nicht in meiner Freizeit, wenn ich Bücher schreibe und dafür kaum Geld bekomme! Danach versuchte man, mich an meine wissenschaftliche Reputation zu erinnern. Das funktioniert bei Professoren der Mathematik meistens ganz gut. „Was sollen die Leute denken?“ Aber ich hatte ja schon genug Lehrsätze bewiesen und wollte unbedingt ein Buch schreiben, ein Mathe-Buch in Form eines Romans.

Die Sache schlief ein.

Ich verstehe den vorigen Verlag. Ich lästere nicht und hege überhaupt keinen Groll. Ich habe bei der Lektorin eine Menge über das Schreiben und das Büchermachen gelernt. Ich weiß ja, es lag an mir. Ich wollte ja etwas ...

Hermann Engesser, mein jetziger Verleger beim Springer-Verlag, der mich sozusagen im Jahr 1999 für die Beta-Kolumne im Informatik-Spektrum entdeckt hatte, fand irgendwann das Buch in meinem alten Computer, zerstückelt in viele kleine Word-Dateien, weil mein alter Computer noch so klitzeklein war. Wir sahen mein erstes Opus noch einmal an und stellten verwundert fest, dass es ganz normal gut geschrieben war, im Sinne und im Lichte meiner inzwischen erfolgreichen Bücher. So haben wir es denn wieder ans Licht gezogen, der andere Verlag erlaubt es dankenswerterweise.

Etwa 10 Prozent des Buches mussten neu geschrieben werden, weil die Beispiele der Praxis sich in den letzten Jahren doch ziemlich verändert haben. Ich arbeite auch nicht mehr als Optimierer oder Manager, sondern bin



inzwischen Cheftechnologe bei der IBM. Während der Diskussionen um dieses erste Buch von mir erschien mein Buch *Omnisophie*. Ich bekam eine ganze Reihe von Leserbriefen, zweifelnde, mahnende, flammend begeisterte. Die anteilnehmendsten und längsten Äußerungen zur Omnisophie bezogen sich auf viele der gar nicht so zahlreichen ästhetischen Aussagen im Buch. Ein Künstler schickte mir liebevoll viele Ideen. Bald kam ein kleines Päckchen mit Drucken seiner eigenen Werke.

Ich sah sie an, die Zeichnungen von Stefan Budian, und sah dort Wesen, die für mich so etwas wie sichtbar gemachte Seelen darstellten. Ich weiß, Sie sehen das vielleicht anders. Eher trockene Menschen sagen über die Zeichnungen „so wenig – nur ein paar Striche“. Ganz natürliche Menschen klatschen in die Hände: „Ach! Süß! Schön! Aber *sagen* Sie mal, Herr Dueck, ist das denn Kunst?“ Ich dachte bei mir, es gibt wohl verschiedene Sichten auf die Zeichnungen. Für wahre Menschen im Sinne meiner *Omnisophie* sind es Seelen, für von mir so genannte richtige Menschen sind es schon ganz gute Strichskizzen, für natürliche Menschen mag die Freude in ihnen spürbar sein, so dass die Wesen bei uns bleiben dürfen.

Und mittendrin schrieb ich einmal an Stefan Budian: „Ist es möglich, dass Sie einmal ein Buch illustrieren?“ Ich fragte. Einfach so. Es kam eine Antwort. Einfach so: „Ja.“

Deshalb ist dieses Buch auch ein Kunstwerk geworden, für mich jedenfalls. Nach dem eigentlichen Buch, direkt nach dem Sintflutroman, finden Sie noch einen kleinen Artikel von mir über Stefan Budian, den ich ihm für eine Ausstellung geschrieben habe. Das ist mein erster Artikel über Kunst oder Ähnliches. Ich glaube nicht, dass er von Kunst handelt, sondern mehr von Stefan. Die Ausstellungskatalogleser sagten denn auch, so schreibe man nicht über Kunst, aber den Artikel an sich hätten sie gerne gelesen. Tja. Und nach diesem Buch sagen Sie dann wohl, so schreibe man nicht über Mathematik. Aber hoffentlich haben Sie es gerne gelesen. Und dann hängen Sie sich noch eine Usie ins Zimmer? Ich habe die vom Buchcover gerahmt. Ach: Usie. So nenne ich selbst für mich die von Stefan Budian gezeichneten Wesen, nach dem griechischen ousia (lateinisch: usia, deutsch usie), was so etwas wie Essenz, Sein oder Wesensgehalt bedeutet. Stefan hat immer noch keinen Namen für „sie“ ... usie ...

**Das Beste oder Höchste,  
was ist das genau?**



## 1. Vor der Sintflut, eine Begebenheit

Auf einem sehr, sehr großen Planeten lebten einst ein paar tausend Menschen in kleinen Siedlungen am Wasser. Sie hatten es gut und wohnten zufrieden und glücklich. Da sie so wenige waren, hatten sie stets zusammengehalten und waren am Wasser geblieben. In die nahen Berge waren immer nur einige Wagemutige gedrunken und hatten von ihren Abenteuern erzählt. Wie der ganze Planet beschaffen war, hatte niemanden gekümmert. Vor der Küste lag eine kleine, länglich vorgelagerte Insel, auf die sie hinüberwaten konnten. Herrlich ließ es sich dort baden! Ein paar hundert Menschen lebten dort in kleinen Häusern. Sie hatten die Seeluft gerne und konnten ja das Festland besuchen, wann immer sie wollten.

Sie lebten so tagein, tagaus, und von guten Tagen lässt sich nicht viel Besseres sagen. Sie ahnten nichts von kommender Gefahr. Keiner hätte gedacht, dass es eine Sintflut geben würde, die in letzter Konsequenz eine Vertreibung aus dem Paradiese bedeutete. Aus dieser glücklichen Zeit gab es eine kleine Begebenheit, so eine, wo ein Angeber ausgelacht wird, so eine, die uns später manchmal ins Gedächtnis springt und ein unmerkliches Lächeln in ein versonnenes Gesicht zaubert. Das wäre an und für sich gar nichts Großartiges zum Erzählen, aber später erinnerten sich die Menschen noch: „Siehst du, es geht uns wie Goliath und der Bohnenstange.“

Es geschah nämlich dies: Ein großer klotziger Mensch, dessen Name wahrscheinlich ein gewöhnlicher war, Kurt oder Herbert, wurde aber wegen seines Äußeren und seines Gehabes Goliath genannt. Er war ein großspuriger Kraftmeier, „der größte aller Menschen“, wie er gerne rief, wenn er sich triumphierend auf die Brust schlug. Lange Zeit war er wirklich der Größte, bis mit der Zeit ein gutmütiger Kerl, den bald alle *Bohnenstange* riefen, länger und länger heranwuchs. Schon bevor er Goliath in der Größe erreicht hatte, begannen die Menschen den Goliath mit der Bezeichnung *Zweitgrößter* zu hänseln, worauf es zu einem dauerhaft schwelenden Zwist kam. Am Ende schlug Goliath der Bohnenstange grundlos die Nase ein, so dass die Sache zum Dorfrichter kam. Der ließ sich die Vorgeschichte erklären. Mitten in diesem Bericht warf der Richter erstaunt ein: „Aber Bohnenstange ist doch *wirklich* größer!“ Goliath wurde schwarz vor Zorn und verlangte einen Beweis. So wurden sie beide nacheinander an einem Baum aufgestellt und gemessen. Bohnenstange ward etwas größer befunden. Die Menschen lachten und freuten sich. Goliath aber erkannte den Beweis nicht an, da er sich beim Messen betrogen wähnte. Schließlich stellte man die

beiden Rücken gegen Rücken aneinander und stimmte ab. Da sahen die Menschen wiederum die Wahrheit mit Augen und lachten und lachten. Goliath aber verlangte einen Beweis, den er selbst anerkennen könnte, da ja bis jetzt immer nur über seinen Kopf hinweg gemessen worden sei. Da wurden es die Menschen leid und sie baten ihn dringlich, einfach aufzuhören. Goliath wütete aber stärker und lauter und bezichtigte alle der Lüge und des Betrugs.

Da entschied der Dorfrichter, dass beide, Goliath und die Bohnenstange, die Hände an den Rücken gefesselt, in die leere Zisterne des Dorfes gestellt würden. Die Menschen sollten sie mit Wasser füllen, und die Angeklagten sollten selbst entscheiden, wer der größere von ihnen sei. So ward es getan, und bald schöpften die Menschen Wasser in die Zisterne. Es war ihnen eine helle Freude. Als das Wasser den beiden bis zur Brust stand, stellte sich die Bohnenstange probenhalber auf die Zehenspitzen. „Betrug, Betrug!“, rief Goliath und schimpfte in einem fort, stellte sich aber auch selbst nach einiger Zeit auf die Zehen. Sie reckten die Köpfe und zogen die Häse lang, suchten kleine Steinchen unter den Füßen. Es wurde ein richtiger Kampf.

Als ihnen das Wasser bis zum Halse stand, schöpften die Menschen immer langsamer, um ihre Freude auf das Ende auszukosten. Mit leuchtenden Augen wurde Eimer um Eimer sorgsam geleert. Das Wasser stieg beiden ans Kinn, und nun merkte Goliath, dass er verlieren würde. „Betrug! Betrug!“, schrie er aufs neue, „Bohnenstange ist dumm, er hat kein Hirn, er hat eine niedrige Stirn und ich habe eine hohe! Ich bin größer, nur mein Mund liegt tiefer als seiner! Nur weil ich klug bin, muss ich verlieren! Herr Richter, entscheidet, entscheidet noch einmal, und diesmal *gerecht!* Anders muss gemessen werden, die Dummheit darf nicht triumphieren!“ Der Richter stand am Rande der Zisterne und sprach: „*Nur Klugheit reicht zur Größe nicht.*“

Wie's ausging? Als die beiden fast Wasser schlucken mussten, schichteten die Menschen ganz sorgfältig Likör auf das Wasser und luden zum Trunk – sie selbst hatten schon beträchtliche Proben genommen. Als Bohnenstange genüsslich schnappte, weil ihm langweilig wurde, erklärte Goliath seine Sache für gewonnen. Das war ein lautes Gefluhe und Gezerge! Goliath ließ sich am Ende als Erster hinaufziehen, die Überwassermundspitze von Bohnenstange lachte wie die Sonne selbst. Es war ein herrliches Fest! Goliath aber ging finster nach Hause und schien in den nächsten Tagen doch irgendwie gleich groß wie die Bohnenstange, vielleicht doch ein wenig größer?! Er selbst zeterte noch lange fort, während Bohnenstange

weiter wuchs. Als später ruchbar wurde, dass Goliath immerfort ganz heimlich neue hohe Schuhe konstruierte, nannten sie ihn wieder mitleidvoll den Größten.

Und die Moral von der Geschichte:

Die Größten sind wortkräftiger als Große. So können sie mithalten, selbst wenn das Wasser schon über den Rachenmandeln steht.

## 2. Optimierungsprobleme

Welches Buch soll ich am besten im Urlaub lesen? Welchen Anzug wähle ich im Kaufhaus? Welcher Wein passt am besten zu einem Lammkarree? Welche Fahrtroute nehme ich nach Barcelona, wenn ich mich weigere, französische Autobahngebühren zu zahlen? Welcher unter meinen Arbeitskollegen (außer mir) verdient als Erster eine Beförderung? Wer ist der Größte im Dorf? Im Leben haben wir zu entscheiden, zu wählen, auszusuchen. Immer heißt die vielfach abgewandelte Fragestellung: Welche Möglichkeit ist die beste?

Ich formuliere diese Fragestellung jetzt einen Hauch exakter, mehr in der Sprechweise des Mathematikers. Ich will nur ein bisschen genauer sagen, was ein Maximum oder ein Minimum ist. Mehr nicht. Sie wissen es natürlich schon so etwa.

Eine Aufgabe, unter – meist sehr vielen – Alternativen eine sehr gute oder gar eine beste auszuwählen, nennen wir ein *Optimierungsproblem*. In diesem Buch werden wir vorrangig Probleme mit einer nur endlichen Anzahl von Alternativen behandeln. Wir schreiben:  $A_1, A_2, \dots, A_n$  seien die Alternativen, für die man sich entscheiden kann. Zur Bewertung der Alternativen gibt es einen „Höhenmesser“ oder – in der Fachsprache ausgedrückt – eine *Zielfunktion*  $f_{\text{opt}}$ . Für eine Alternative  $A$  gibt der Zielfunktionswert  $f_{\text{opt}}(A)$  die Güte oder die Höhe oder die Qualität der Alternative  $A$  an. Die Zielfunktion kann etwa den Gewinn oder auch die Kosten einer Alternative beschreiben. *Kosten* wollen wir natürlich *minimieren*, *Gewinne maximieren*. Je nach der inhaltlichen Bedeutung der Zielfunktion wollen wir Alternativen oder Lösungen  $A$  finden, die einen hohen oder niedrigen Zielfunktionswert haben. Wenn wir wissen, ob wir nun minimieren oder maximieren wollen, sprechen wir nicht allgemein von einem Optimierungsproblem, sondern speziell von

einem Maximierungs- bzw. einem Minimierungsproblem. Die beste Lösung (ein Minimum oder ein Maximum, je nachdem) heißt Optimum oder optimale Lösung. Sehr gute Lösungen oder Alternativen sind solche, deren Zielfunktionswert nahe dem bestmöglichen oder dem optimalen Wert liegen. *Optimieren* bedeutet im strengen Sinne eigentlich, eine optimale Alternative zu finden. Wie wir sehen werden, sind sehr viele Probleme der Praxis so furchtbar schwer zu lösen, dass wir heilfroh sein können, wenn wir wenigstens sehr gute Lösungen finden. Wir wollen auch in diesem Falle von *optimieren* sprechen. Ich benutze das Wort *optimieren* aber nicht in dem „laschen“ Sinne, wie es oft von Managern im täglichen Leben benutzt wird: Optimieren heißt für sie, irgendetwas irgendwie besser zu machen. Nahe an die *beste* Lösung zu kommen ist damit nicht notwendig gemeint. Manager benutzen das Wort *optimieren* so ein bisschen angeberisch, um zu beeindrucken. Vorsicht! Fragen Sie sich immer, was mit Optimierung gemeint ist!

Methoden, die es erlauben, beste oder sehr gute Lösungen zu finden, heißen *Optimierungsverfahren*. Weiter hinten im Buch werde ich Ihnen einige erläutern und speziell das Sintflutverfahren vorstellen.

Wer ist der Größte, der Beste? Wir müssen messen, wiegen, abprüfen, testen, abschmecken, ... Es gibt dafür verschiedene (mathematische) Verfahren.

*Anmerkung, aber nur für Mathematiker:* Im nächsten Kapitel wird die Rede davon sein, dass die Mathematik noch kein abschließendes, befriedigend schnelles Verfahren gefunden hat, für Optimierungsprobleme das genaue, exakte Optimum zu bestimmen. Es gibt genug Zweifel, ob es je ein solches Verfahren geben wird oder ob es prinzipiell eines geben kann. Die meisten Verfahren, die in der Praxis eingesetzt werden, berechnen deshalb Lösungen, die nur „möglichst optimal“, also sehr gut sind. Vielfach sagt „man“ in der Praxis dann einfach „optimale Lösung“ dazu, anstatt: „eine Lösung, die nach unserem Kenntnisstand sehr nahe am Optimum liegt“. Ich habe das in der Einleitung auch getan, und wenn der mathematische Elfenbeinturm-Buchkritiker beckmesserisch genau gelesen hat, habe ich schon hässliche Minuspunkte bekommen. Den mit dieser Lage nicht Vertrauten hätte ich aber verwirrt. Ich bitte um Verzeihung, für jetzt und für andere Dialoge später im Buch. Ich habe in meinem Beruf zunächst immer brav von Lösungen gesprochen, „deren Qualität beweisbar nahe in der Nähe der optimalen Qualität liegt“, aber immer nur Staunen geerntet.

„Was, Sie können kein *Optimum* berechnen? Ja, sind denn Ihre Lösungen nicht so gut? Hier, sehen Sie bitte, haben wir ein Prospekt von einer kleinen Firma. Darin steht: Wir berechnen das *Optimum!* Und jetzt kommen Sie und sagen, das sei nicht möglich? Lügen die Leute denn in dem Prospekt oder können Sie das einfach nur nicht?“ In meinem früheren Beruf als Optimierer habe ich resigniert. Ich trug schließlich immer die *optimale* Lösung vor und wusste natürlich, dass sie nur sehr gut war. Wenn jemand dann zu Recht reklamiert, dass ich jetzt lüge, bitte ich ihn, es „den anderen“ ganz genau zu erklären. Wissen Sie, den Laien ist das einfach nicht wichtig! Warum sollte es Ihnen wichtig sein? Sie haben alle eine intuitive Auffassung, dass „optimal“ sehr gut bedeutet! Basta.

### 3. Das Beste, der Größte: Über Höhenmesser

Wenn wir uns für die beste Möglichkeit entscheiden wollen, müssen wir über einen Maßstab verfügen, nach dem wir die Güte oder die Qualität von verschiedenen Möglichkeiten beurteilen können.

„Höhenmesser“ oder Zielfunktionen dienen oft nicht nur zur Beurteilung einzelner Möglichkeiten, sondern sie sind ein entscheidendes Hilfsmittel bei der Suche nach *guten* Möglichkeiten.

In der Physik wird alles und jedes vermessen: Kraft, Höhe, Impuls, Beschleunigung, Stromstärke, Energie usw. Diese Messungen sehen wir als exakt an. Beim Sport messen wir Leistung an der übersprungenen Höhe, an der verbrauchten Zeit, an der Anzahl der Tore. Diese Höhenmessdaten für das Merkmal „bester Sportler“ akzeptieren wir allgemein als eine korrekte Messung, auch wenn sie es im Einzelfall nicht sein mag: Im Tennis gewinnt nicht der mit den meisten Gewinnpunkten, sondern der, welcher den letzten Punkt macht. Wenn ein Hochspringer beim Übersprung über 2,20 m noch 30 cm „Luft hat“, so zählt dies nicht als 2,50 m – Weltrekord –, sondern nur als 2,20 m. „So ist nun einmal die Regel“, sagen wir. Menschen werden anlässlich des Abiturs nach Punkten vermessen. Wir lesen aus der Punktezahl ab, wie gut ein Mensch im Beruf sein mag. Da wir schon viele Enttäuschungen mit dieser Messung erlebten (wir selbst sind mit Sicherheit besser, als es diese unsere Messzahl ausdrückt), sehen wir den Abiturschnitt nicht direkt als Höhenmessung der Leistung an, sondern nehmen diese Punktzahl als „best guess“, als gut gemeinte Schätzung des Leistungsvermögens an. Kritiker, Weinpöster, Gourmets und Gurus aller Art bewerten

in Punktesystemen die bestangezogenen Frauen, Restaurants, Sachbücher, Popvideoclips usw. usw. So kann ich Ihnen weitere und immer wässrigere Höhenmessungen nennen, die eher Höhenschätzungen oder Höhenindikationen oder Höhengymptome heißen sollten. Am vagen Ende dieser Höhenmesserrangordnung können wir „gemessene“ Aussagen finden wie „Gummibären schmecken 20 Prozent besser als saure Apfelringe“ oder „Die neue Seife riecht 37 Prozent mehr nach Frühling als früher“.

#### 4. Die Zielfunktion

Wenn wir vor einer Entscheidung stehen, müssen wir genau definieren, nach welchen Zielkriterien wir vorgehen wollen. Wir sollten die Menge aller Möglichkeiten eingrenzen, für die wir uns entscheiden dürfen. Jede Entscheidung sollte bewertbar sein; wir brauchen eine Zielfunktion, die uns anzeigt, ob eine gewählte Alternative gut oder schlecht ist. Ich fürchte jetzt beim Schreiben insgeheim, dass Sie gerade beim Lesen denken: „Ja, ja, hab' ich verstanden, das ist ganz klar, darauf muss man nicht herumreiten.“ Leider muss ich das doch. Das Entscheiden an sich ist nämlich nur ein Teil der Mühe. Dafür bemühen wir viele Verfahren, mathematische Technologie, Computer, Fachkenntnisse. Vor der Entscheidung oder vor einer Optimierung müssen ganz genau die Ziele geklärt werden. Zum Beispiel könnten wir „Gewinnmaximierung“ zum Ziel einer Unternehmensführung erheben. Optimal wäre es unter diesen Umständen, alle Forschung und Entwicklung einzustellen und nichts mehr zu investieren. Der Gewinn schnellst sofort in die Höhe. „Das habe ich natürlich nicht so gemeint“, wird erwidert. „Natürlich ist das Ziel der Gewinnmaximierung langfristig gedacht.“ Wie ist in diesem Fall denn die Zielfunktion *ganz genau* definiert? Oder denken Sie an Ihre Eltern! Wenn die Ihnen verraten, sie wüssten ganz genau, was das Beste für Sie wäre! Da werden Sie ganz schön wütend, weil das nicht das Beste für Sie ist! Da fauchen Sie Ihre Erzeuger aber an, worauf die dann fragen, was Sie wohl meinen, was das Beste für Sie wäre – und dann wissen Sie es auch nicht so genau.

Sehen Sie? Sie wissen es eigentlich selten genau, was das Beste ist.

In diesem Buch aber müssen wir das exakt wissen!

Im Folgenden gehen wir an einige Optimierungsprobleme heran. Ich sage dabei nicht einfach: „Weglänge minimieren“ oder „Mietkosten minimieren“, sondern ich versuche, die Problematik der Zielfunktion mit et-

was mehr Facetten anzugehen. In späteren Kapiteln nähern wir uns der vollen Komplexität der Probleme im realen Leben. Dort sehen wir noch besser, wie schwer gute Zieldefinitionen sind. Der Computer optimiert nämlich genau das, was Sie ihm als Ziel vorgeben. Wenn Sie einfach Gewinnmaximierung vorgeben, werden eben vom Computer alle Investitionen gestoppt. Die typische Reaktion der Menschen folgt auf dem Fuß. Sie schütteln den Kopf. „Computerlösungen sind nicht brauchbar. Und wenn ihr mich fragt: Ich wusste das vorher.“ Das stimmt und stimmt nicht. Die meisten Menschen verstehen Computer nicht. Und die, die alles wissen, was das Beste wäre, die tun dann das Beste nicht! Sind nur stolz, es am besten zu *wissen!* Aber sie tun es dann anders. Politiker wissen ebenso wie alle Menschen, dass Schulden nicht so gut für uns alle sind. Wenn sie aber Schulden machen, müssen sie nicht so viel regieren und können sich voll auf die Wahlkämpfe konzentrieren, weil sie von dieser Tätigkeit die wenigste Ahnung haben. Dann aber wählen wir sie, weil sie sich sichtlich um uns kümmern, also lebhaftere Nachrichten-Soaps für uns kreieren. Wir finden Schulden nicht so schlimm, weil wir glauben, die kämen uns implizit als niedrige Steuersätze zu Gute. Wir können uns nicht vorstellen, dass Politiker mit unserem schönen Geld Probleme zuschütten, damit die eine Zeit lang Ruhe geben. Bis die Wahl war.

Wir formulieren jetzt in der Folge ein paar einfache Optimierungsprobleme. Ich will in diesem Buch nicht so weit gehen, die Willensbildung des Volkes in Formeln zu gießen. Uiih, da würden Sie mich angiften! Es gibt bei allen diesen optimalen Gedanken nämlich noch einen menschlichen Faktor. Der kommt im Buch gleich nach den eigentlichen echten Problemen dran. Es stellt sich aber meist heraus, dass der menschliche Faktor das eigentliche echte Problem ist.

## 5. Das berühmte Problem des Handlungsreisenden

In der folgenden Abbildung sehen Sie eine Rundtour durch 532 große Städte der USA. Von unserem Computer ziemlich gut berechnet. Oder ist es das Optimum, das wir aus einer berühmten Arbeit kopiert haben, die eigens von der optimalen Lösung handelt? Erst im Jahre 1987 fanden Manfred W. Padberg und Giovanni Rinaldi die beste Lösung, nachdem sich etliche daran versucht hatten. Da sehen Sie, wie schwer das ist: Eine ganz genau beste Lösung zu finden! Applegate, Bixby, Chvátal und Cook fanden 1998 die

exakt kürzeste Tour durch alle die 13.509 Orte der USA, die mehr als 500 Einwohner haben. Die gleichen Forscher errechneten dann 2001 auch die exakt kürzeste Rundtour durch 15.112 Dörfer in Deutschland. Hoffentlich ist auch Groß Himstedt dabei, wo das Haus meiner Eltern steht, sonst war die ganze Mathematik für mich persönlich nicht so nützlich. Sie sehen jedenfalls: Die Forschung macht Fortschritte, sie kommt in zehn Jahren bis auf die Dörfer. Aber beachten Sie, dass es die ersten Home-PCs erst so 1990 gab, nicht wahr? Im Vergleich zu 1987 sind Computer von 1998 oder 2001 Großrechenzentren. Daran erinnere ich Sie jetzt einmal, weil es die Forscher ja schamhaft nicht selbst tun.



Gegeben sind beim Problem des Handlungsreisenden eine Anzahl von Punkten oder Städten, die besucht werden sollen. Nach der Reise soll er am Startort wieder ankommen. Frage: In welcher Reihenfolge muss der Handlungsreisende die Städte besuchen, so dass seine zurückgelegte Strecke minimal ist? Im Englischen heißt diese Fragestellung *Travelling Salesman Problem* und wird gewöhnlich mit TSP abgekürzt.

Im nächsten Kapitel machen wir uns Gedanken um die Beantwortung dieser Frage. Hier bespreche ich nur Anwendungsbeispiele und Zielfunktionen des TSPs.